

**SOLAR BATTERY AND ITS MANUFACTURE**

Patent Number: JP9162434  
Publication date: 1997-06-20  
Inventor(s): KETSUSAKO MITSUNORI; TSUTSUI KEN; MURAMATSU SHINICHI; UEMATSU TSUYOSHI; OTSUKA HIROYUKI  
Applicant(s): HITACHI LTD  
Requested Patent: ☐ JP9162434  
Application Number: JP19950316344 19951205  
Priority Number (s):  
IPC Classification: H01L31/042; H01L31/04  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To take out the output of a semiconductor lump through the first and second metal by arranging the first and second fiber glass bundles which hold the first and second metals in ohm contact with the p-type region and n-type region of a semiconductor lump, and bringing the first and second metals into contact with at least one place.

**SOLUTION:** Granular silicon 31 which constitutes a cell is made p type, and an n-type layer 32 is provided on the surface. Quartz glass fibers are made into a seven-twined warp 7. Seven quartz glass fibers coated with Ti and further thereon overcoated with Ag are twined into a first woof 2, and seven quartz glass fibers coated with Al and further overcoated with Ag are twined into a second woof 3, and they are woven like plain cloth. A cell is connected, at least at one place, to each of a conductor of both polarity being retained to be buried in a structure like a stitch. Plural cells are connected in parallel with each conductor, and the synthetic output of the cells connected in parallel can be taken out through the first and second metals.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-162434

(43)公開日 平成9年(1997)6月20日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

H 0 1 L 31/042  
31/04

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 31/04

技術表示箇所

C  
R  
H

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平7-316344

(22)出願日 平成7年(1995)12月5日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 藤迫 光紀

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 筒井 謙

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 村松 信一

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 太陽電池およびその製造方法

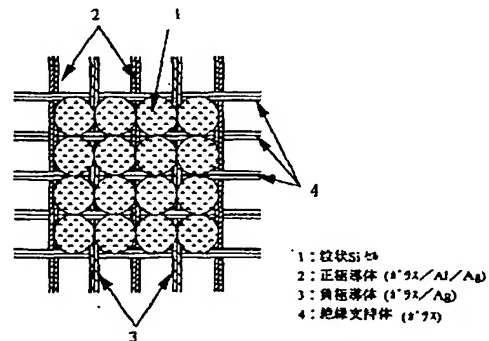
(57)【要約】

【課題】 従来の基板状太陽電池もしくは球状太陽電池を用いたモジュール製造における非量産性を改善し、軽量で設計柔軟性のある低コストの結晶半導体太陽電池のセル・モジュール構造を提案し、さらにモジュールを一貫連続形成できる製造方法を提供する。

【解決手段】 粒状太陽電池を、p型およびn型領域と接触する糸状の導体を横糸とし、不良導体を縦糸として構成された布用基体で固定し、モジュール化する。

【効果】 高い変換効率を有する低コストの太陽電池を連続的にかつ高速に製造することができる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体塊のp型領域とオーム接触する第1の金属を担持する第1のファイバーガラス束と、半導体塊のn型領域とオーム接触する第2の金属を担持する第2のファイバーガラス束とを交互に分離して配置し、上記半導体塊のp領域は上記第1のファイバーガラス束の第1の金属と、また該半導体塊のn領域は上記第2のファイバーガラス束の第2の金属とそれぞれ少なくとも1箇所て接触し、該半導体塊の光電変換出力を上記第1および第2のファイバーガラス束に担持された第1および第2の金属を介して取り出すことを特徴とする太陽電池。

【請求項2】第1または第2のファイバーガラス束に担持された金属は、それぞれ複数の半導体塊と半導体の同一導電型領域で接触することを特徴とする請求項1記載の太陽電池。

【請求項3】ファイバーガラス束は少なくとも1本以上の第1または第2の金属線とガラス線とを束ね、若しくは然り、若しくは編むことによって形成されたことを特徴とする請求項1記載の太陽電池。

【請求項4】ファイバーガラス束は第1または第2の金属線が被覆されたガラス線を含むガラス線を束ね、若しくは然り、若しくは編むことによって形成されたことを特徴とする請求項1記載の太陽電池。

【請求項5】第1の金属はAl、Ga、In等のIII族元素単体であるか、または少なくともこれらの元素を含む合金か、若しくはこれらの単体あるいは合金とCu、Ag等の導電性を担う金属との複合体であることを特徴とする請求項1記載のシリコン太陽電池。

【請求項6】第2の金属はAl、Cu、Ag等の導電性を担う金属か、少なくともその一部にP、As、Sb等のV族元素を含む合金か、若しくはこれらの金属と合金との複合体であることを特徴とする、請求項1記載のシリコン太陽電池。

【請求項7】第1および第2のファイバーガラス束は、これらと交差する金属を担持しない第3のファイバーガラス束によって互いに分離絶縁されることを特徴とする請求項1記載の太陽電池。

【請求項8】第1および第2のファイバーガラス束は、第3のファイバーガラス束によって分離絶縁されるに際し、交互に平行に配置された第1および第2のファイバーガラス束を横糸とし、第3のファイバーガラス束をこれと直交する縦糸として形成される平織状を呈するか、もしくは第1および第2のファイバーガラスと互いに60度で交差する複数の第3のファイバーガラスにより竜巻状を呈することを特徴とする請求項7記載の太陽電池。

【請求項9】半導体塊は、第1、第2および第3のファイバーガラス束によって周縁部を構成される空隙に配置され、かつ第1および第2のファイバーガラスに担持さ

れる金属と電氣的接続をなすことを特徴とする請求項8記載の太陽電池。

【請求項10】第1のファイバーガラス束に担持される第1の金属は、これに直交する第1のリード線により共通に接続し、また第2のファイバーガラス束に担持される第2の金属は、これに直交する第2のリード線により共通に接続し、該第1および第2のリード線を介して太陽電池の出力を取り出すことを特徴とする請求項9記載の太陽電池。

【請求項11】第1および第2のリード線は、それぞれ金属を担持したファイバーガラス束群の互いに反対端で接続されてなることを特徴とする請求項10記載の太陽電池。

【請求項12】互いに隣り合う第1および第2の金属を担持したファイバーガラス束を、両端で交互に接続することにより、ファイバーガラス束単位で半導体塊群を直列に接続したことを特徴とする請求項9記載の太陽電池。

【請求項13】リード線の一部は、第1の金属を担持した複数のファイバーガラス束に直交して接続され、該リード線の他の部分は第2の金属を担持した複数のファイバーガラス束に直交して接続されてなる構造を単位とし、該構造をファイバーガラス束群の両端で交互に繰返すことにより、複数のファイバーガラス束に保持された半導体塊群を単位とした直列接続を得ることを特徴とする請求項10記載の太陽電池。

【請求項14】請求項9記載の太陽電池をその構成要素とする太陽電池モジュール。

【請求項15】ファイバーガラス束およびファイバーガラス束により保持された半導体塊をさらに透明構造体に埋設してなることを特徴とする請求項14記載の太陽電池モジュール。

【請求項16】透明構造体はガラス等の無機材料、またはカーボネート樹脂、アクリル樹脂、スチレン樹脂、プロピレン樹脂、エチレン樹脂、ビニル樹脂や弗素樹脂等の有機樹脂、若しくはこれらの積層複合体であることを特徴とする請求項15記載の太陽電池モジュール。

【請求項17】透明構造体の少なくとも一部をファイバーガラス束を含めて波板状若しくはエンボス加工し、剛性を付与したことを特徴とする請求項16記載の太陽電池モジュール。

【請求項18】透明構造体の一部に設けられた貫通孔設置予定部分およびその周辺領域には、ファイバーガラス束に第1および第2の金属を担持しない加工を施したことを特徴とする請求項16記載の太陽電池モジュール。

【請求項19】請求項16記載の太陽電池モジュールを発電素子として用いる電気装置。

【請求項20】金属を担持した第1および第2のファイバーガラス束は、第3のファイバーガラス束によって分離絶縁されるに際し、交互に平行に配置された第1およ

び第2のファイバーストを横糸とし、第3のファイバーストをこれと直交する縦糸として形成される平織状を呈するか、もしくは第1および第2のファイバーストと互いに60度で交差する複数の第3のファイバーストにより電綑状を呈することを特徴とするガラスファイバースト。

【請求項21】第3のファイバーストによって分離絶縁され、かつ金属を担持した第1および第2のファイバーストのそれぞれに、同一半導体塊のp型領域およびn型領域のそれぞれの少なくとも1箇所以上で電気的に接続する工程を含むことを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項22】半導体塊の表面に不純物を拡散する工程と、第3のファイバーストによって分離絶縁されかつ金属を担持した第1および第2のファイバーストからなるファイバーストを供給し、不純物拡散した上記半導体塊を該ファイバーストに載置若しくは吸引により略1層付着せしめる工程と、上記第1および第2のファイバーストに担持された金属と上記半導体塊のp型領域およびn型領域とをそれぞれ電気的に接続する工程と、該半導体塊のp型領域およびn型領域の電気的分離を行う工程と、透明構造体に該半導体塊とファイバーストを埋設する工程とを含むことを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項23】連続したファイバーストに沿って請求項22記載の工程が配置された太陽電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は太陽電池および太陽電池モジュールの構成およびその製造方法に関する。さらに詳しくは、民生用小電力発電にもまた電力用発電にも好適な安価でかつ軽量な高性能太陽電池の構成に関し、また大量生産に好適なその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来実用に供されている公知の結晶シリコン太陽電池は、図2に示すように、厚さが250ミクロン乃至350ミクロン程度で、100mm角乃至150mm角の大きさをもつ単結晶もしくは多結晶のシリコン基板11より構成される。このシリコン基板は通常p型の伝導型を有し、受光面となる片側主面にりん（リン）の拡散層を設けてn型層12となし、受光面および裏面に魚骨様の電極13を各々設けて、太陽電池素子が構成される。裏面の電極（14）は図示するように一面に形成される場合もある。図3に示すように、この太陽電池素子15を、電気的絶縁がなされるに必要な隙間を設けて縦横に配置し、接続リード16を介して直列に接続するとともに、図4に示すように強化ガラス17の保護面および耐湿フィルム18によって挟むように樹脂封止してモジュールを構成する。交流変換によって100乃至220Vの電力を得るためには、このモジュールをさらに直列に接続して所望電

圧を得るとともに、直列接続されたモジュール群を単位として、所要電流を得るようにモジュール群を並列接続し、太陽電池アレイを構成していた。

【0003】これら従来構造の太陽電池は技術的に成熟段階にあるものの、電力コストの観点からは太陽電池素子あるいはモジュールのコストが十分に低減されているとはいいがたく、一般電力用として広く普及するには至っていない。太陽電池コストを低減するため、これまで様々な工夫がなされている。例えば基板を形成する過程で、インゴットの切断、スライスの工程を省くために、融液から直接シート状に整形する試みなどがなされた。しかし、多くは結晶粒界の制御、残留歪み、整形治具からの不純物混入といった問題が解決されず、特性上不満足であったり、製造工程上の制約が多く、インゴットの切断、スライスに勝る技術とはなり得ていない。

【0004】一方、シート状態の基板を用いない太陽電池の製造方法についてもこれまでいくつか提案がなされており、特開昭51-27077に開示されるような気相還元造粒によって得られる微結晶シリコンを太陽電池素子に使う方法や、特開昭51-129129に開示されるように、金属皮膜を有する絶縁物基板にシリコン粉体を加熱溶着させるなどの方法がある。これらは粒径が小さ過ぎることもあり、実用に供されるには至っていない。さらに粒径の大きな球状のシリコンを用いた太陽電池については、特開平3-76273、あるいは、特開平6-13633に開示されているが、後者については第22回アイ・イー・イー・イー太陽光発電専門家会議会議録1045頁乃至1048頁（Conference record of the 22nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference(1991), pp.1045-1048.）に開示されるように、ある程度の素子性能を実現することに成功している。

【0005】後者の構造は、図5に示すように、直径が1mm弱のシリコン球21をアルミニウム箔22に埋め込んだ構造をしている。シリコン球はp型で、その表面層23はn型に拡散されており、これをアルミ箔22に圧入することで負極の接続を取っている。正極の接続は、上記シリコン球の非受光部分の一端を研磨してp領域を露出させ、上記負極用のアルミ箔と絶縁膜24を介して設けられたもう一枚のアルミ箔25に接触させることにより実現している。このような構造は可撓性に富み、連続形成に道を開くものであるが、微細なシリコン球をアルミ箔に埋め込む工程が煩雑で、高速かつ大量に製造することには難点があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、粒状シリコンセルの新規な保持方法を提供することによって、高速で連続的な製造を可能とし、安価で応用性に富んだ太陽電池モジュールおよびその生産方式を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題は、図1の概念図に示されるように、互いに絶縁分離された両極性の導体を交互に配置した網目様の構造体によって、太陽電池素子を構成する粒状シリコンを保持することにより大幅に改善される。

【0008】太陽電池素子（以下セルと称す）が保持されている状況を図6に断面的に示す。セルを構成する粒状シリコン31はp型で、その表面にはn型層32が設けられている。セルは網目様構造体に埋め込まれるように保持され、そこに設けられた両極性の導体の各々に少なくとも一箇所て接続される。通常、セルのn型層に接続される導体33はAqを主体としたものであり、セルのp型領域に接続される導体34はAlを含むAqを主体とし、粒状シリコンとの接続部35で合金化することによってp型領域と非整流性接続が実現されている。このp型領域への接続部分では、周辺部の表面n型層は除去されており、p型領域への接続導体（以下、正極導体と称す）と表面n型層への接続導体（以下、負極導体と称す）との電気的分離が実現されている。各導体には複数のセルが並列に接続されており、光が当たることによって、並列接続されたセルの総合出力が導体から得られる。正極導体34と負極導体33とは交互に配置されており、正極同士および負極同士を並列に接続することによって、従来の平板型基板を用いて構成した太陽電池と類似の出力特性が得られる。また、セルが一行形成されない状況を形成するか、一対の導体を非接続状態に残したまま、正極導体と負極導体とを直列に接続することで、高電圧の出力を取り出すことも可能となる。従って、あらかじめ直並列の配線を設けた網目様構造体を準備することによって、所望の単位のモジュールを一気に構成することが可能となる。

【0009】セルを担持する構造体はセルを通過できない空隙を有する網目様であるため、強制的に吸引するなど、セルを個々に扱わなくても粒状のセルを自己整合的に容易に配置することができ、同時に加熱合金化を行わしめることで、極めて高い生産性が得られる。網目様構造体に担持されたセルはそのままでは衝撃に弱いので、樹脂フィルムでラミネーションするか、整形しつつ樹脂封止することによって、剛性を付与し、耐候性あるモジュールに形成することができる。これらの工程は高い生産性を実現しながら、連続もしくは継続的に行うことができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例に沿って説明する。

【0011】（実施例1）セルはp型0.5~2Ωcmの粒状シリコンから形成される。粒状シリコンの製造方法は本発明の目的外であり、ここでは言及しない。粒状シリコンは多結晶であってもまた単結晶化していても構わないが、本発明を適用するには形状が概略球形に近く、粒径

は300乃至500μm程度で、少数キャリアの拡散長が粒径以上であることが望ましい。本実施例ではp型0.5ΩcmのCZ結晶を0.7mm角に切り出し、弗酸と硝酸の混液で等方的にエッチングし、粒径500±50μmに調整したものをを用いた。

【0012】両側に絞りを設けた石英ガラス製のシリンダーに粒状シリコンを充填し、シリンダー軸を中心に回転させながら、n型層の形成を行った。n型層の形成は、窒素ガス0.5 l/minと酸素ガス0.4 l/minとの混合気体でPOCl<sub>3</sub>をバブルし、これと窒素ガス4 l/minを混合した雰囲気中で850℃、35min熱処理し、その後、雰囲気を酸素ガス10 l/minに切り替え、さらに5 min熱処理することにより行った。

【0013】粒状シリコンの表面に形成されたリンガラスを一旦希弗酸で除去し、脱イオン水で強制洗浄した後、乾燥酸素ガス雰囲気中、800℃、60 min、酸化した。これにより形成されたものが図1中の粒状シリコンセル1である。

【0014】一方、粒状シリコンセルを担持する網目様構造体（以下ガラス布と記す）は以下のように形成した。基本となる構造体は線径が25μmの石英ガラスファイバーで、これを7本撚ったものを縦糸（図1の4参照）とした。石英ガラスファイバーにTiを0.1μmコートした上にAqを2μmコートしたものを7本撚ったものを第1の横糸（図1の3参照）とした。また、石英ガラスファイバーにAlを0.1μmコートした上にAqを1.5μmコートし、さらにAlを0.4μm、その上にAqを0.1μmコートしたものを単位とし、これを7本撚ったものを第2の横糸（図1の2参照）とした。これらの縦糸および第1および第2の横糸を用いて、平布様に織った。糸間隔のピッチは0.5mmである。第1の横糸は平布の一方方向に第2の横糸より10mm長く形成し、第2の横糸は平布の反対方向で第1の横糸より10mm長く形成した。これは後の光電出力の取り出し時に必要となる。

【0015】ガラス布への粒状Siの固定は図7に示すような回転加熱吸引ドラム装置を使用した。ガラス布41はロール溜め（図示せず）から送られ、回転吸引ドラム42に巻き付けられ、粒状Siセルが固定されたガラス布48は巻取機（図示せず）に送られる。粒状Siセル43はセル供給管44から回転ドラムに供給されるとともに、回転吸引ドラムに吸引されたガラス布に吸着される。ガラス布の目それぞれに粒状Siセルが吸着されるのが理想であるが、実際には吸着しきれないで残る目や、吸着された粒状Siセルの間にさらに吸着される余分の粒状Siセルがあっても差し支えない。余分の粒状Siセルはブロワー45により効果的に除去され、ガター46に戻り、さらに循環されて再び供給される。ガラス布の目に吸着された粒状Siセルは、固定ドラムによって加熱され、強固にガラス布目に押し込まれるとともに、一部合金化が起り、第1の横糸と粒状Siセルの表面n拡散層

との接触が得られ、また、第2の横糸と粒状Siセルのp中心核とはAl合金化による非整流性接触が形成される。

望ましくはこの操作の時に超音波等の強制振動を加えると強固で確実な接触を得るのに効果的である。この操作の結果、第2の横糸と粒状Siセルの表面n拡散層とは短絡状態にあっても以降の工程で解消されるので差し支えない。固定用ドラムの加熱温度は750℃であり、また粒状セルの固定工程の雰囲気温度は500℃以上に保つことが効果的である。なお、第7図は工程の原理を示す図であり、実際の装置の寸法を忠実に表現したものではない。

【0016】なお、この工程と同時に、粒状Siの並列接続のための結線を図8に示す方法で行う。前述の如く、横糸はガラス布の両側でそれぞれ他の横糸より10mm長く形成されており、同じ種類の横糸を接続するように電極リードを接続する。すなわち、正極導体2で形成される第2の横糸同士を互いに接続するように正電極リード5を設け、負極導体3で形成される第1の横糸同士を互いに接続するように負電極リード6を設ける。接続方法には特に指定はないが、板状のリードを縦方向に折り曲げ、各導体を挟み込むように圧着する方法が確実であった。モジュールが形成されるまでは、各々の電極リードはガラス布の駆動用もしくはガイドを兼ねて連続した状態で使われるが、個々のサブモジュールに分離されたあとは図8に示すように、その一端を各々端子板7、8に接続されて外部への出力取り出しに供される。

【0017】プロセスにもどるが、粒状Siセルが固定されたガラス布はエッチング液が満たされた電解槽に浸漬し、光を照射しながら電気化学的にエッチングしてpn接合分離を行う。光を照射する理由は、局部電池の働きでpn接合の露出部分でエッチング反応が加速される効果を利用するためである。この処理はごく短時間で有効であり、この工程を経て、個々の粒状Siセルが各々独立の太陽電池として働くようになる。さらに、表面のバッシベーションを兼ねて、Tiの有機金属化合物の熱分解気相蒸着法により、反射防止膜となるTiO<sub>2</sub>を65nm形成し、モジュールの基本構造を完成する。

【0018】モジュール化するには、いくつかの方法が可能である。一般的なモジュール構造とするには、上記モジュール基本構造を適当な長さで切断し、さらに公知のEVAフィルムで上記基本構造の表裏面を覆い、4mm厚の強化白板ガラスおよび厚さ125μmのAl積層化フッ素樹脂フィルムで挟んで全体をラミネーションし、電極リードに端子板を取り付け、ブチルゴムで周辺部を封止しながら金属フレーム内に納めるよう形成する。

【0019】本発明の場合、モジュールの基本構造は連続体であり、長尺のモジュール形成が可能であるが、通常はセルがすべて並列に接続されることは無く、或る程度の大きさを単位として、直列接続することが実用上必要となる。本発明の場合、図9(A)に示すように、セ

ルの最小単位は粒状Si1であるが、第1および第2の横糸で共通に接続された粒状Siセル列は、既に互いに並列に接続されており、その総合出力はガラス布両端部に延長した第1および第2の横糸2、3により取り出される。横糸同士を連結する正極および負極の各リード5、6は、適当な大きさの粒状Siセル列群毎に分割し、負極リード6と正極リード5とをジャンパー9で短絡することにより、粒状Siセル列群の直列接続が可能となる。ダイオード記号を用いた等価回路で表現した図を図9

(B)に示す。上記の結線では、各粒状Siセル列の出力電圧は約0.5Vであるため、粒状Siセル列群の出力電圧も約0.5Vが得られ、また、粒状Siセル列群の出力電流は粒状Siセルの出力電流の個数倍が得られる。したがって、モジュールの出力電圧は直列に接続された粒状Siセル列群の数の約1/2の値に近く、出力電流は単位粒状Siセル列群の出力電流に等しい。実施例では0.5mmピッチで幅100mm、長さ300mmのモジュールを形成し、長さ25mm毎に粒状Siセル列群を構成してその間を直列に接続した。AM1.5、100mW/cm<sup>2</sup>の光照射条件でのモジュールの開放電圧は7.8Vであり、短絡電流は0.55A、変換効率は10.7%であった。

【0020】予め電圧電流の値が設計されており、単位とする粒状Siセル列群の大きさが決められる場合には、図10に示すように粒状Siセル列群毎に第1と第2の横糸を交互に引き出すことにより、図9で示したような正負極リード間を接続するジャンパーは不要となり、単に2つの粒状Siセル列群を結ぶリード9、9'を設ければよい。これは粒状Siセル列を両端のリードで連結したあとで、粒状Siセル列群に応じてリードを切断することで実現するため、より生産性が良くなる。なお、直列接続するためには1~2列の粒状Siセル列群を除去する必要があるが、そのためのロスの上記の例で2~4%である。さらに最適化されたモジュールでは直列接続する部分には、ガラス布部分を一部マスクするなどして、粒状Siセル列が形成されないようにする。あるいはガラス布を形成する際に、単位の、粒状Siセル列群を想定して、その単位毎に金属被覆がほどこされていないガラスファイバーを横糸として挿入することでも粒状Siセル列群の分離が実現できる。

【0021】モジュール化は上記結線が行われたあとで、保護材若しくは保持材に組み込むことで行うが、上記ガラススーパーストレート構造の他に、ポリメチル・メタアクリレートやポリカーボネートなどの透明プラスチックに挟んでラミネーション成型することで軽量化が可能であり、また、表裏とも低融点のガラスでモールドすれば、耐候性、難燃性が改善される。モジュールとしての強度を確保するためには従来のガラススーパーストレート方式で採用されている4mm以上の白板強化平板ガラスを必要とするが、図11あるいは図12に示すような波板あるいは3次元のエンボス形成により、2mm程度

の薄いモジュール体でも十分に自己保持ないし必要強度の確保が可能となる。

【0022】図11(A)は波板状に加工したモジュールの概念図である。その一部50の断面模式図を図11(B)に示す。モジュールは粒状Siセル1が多数固定され結線されたガラス布48を表ラミネーション材51および裏ラミネーション材52によって挟み一体化することにより形成される。ラミネーション材料にはアクリル系樹脂(PMA等)、ポリカーボネート、ポリエチレン系樹脂(PET等)、スチレン系樹脂など、用途に応じて種々のものが使われる。表ラミネーション材料として、波板状に加工したガラス材にEVA等の緩衝用の樹脂を塗布または積層したものも使われる。裏ラミネーション材料としてEVA等の緩衝材とフッ素系樹脂との積層フィルムを用いてもよい。これらのラミネーション材は組み合わせ用いてもよい。また、裏に反射率の高いアルミニウムなどのフィルム、または薄膜などを積層することも、光の有効利用の観点から好ましい。波板状のモジュールは単独で用いることも、また、枠で補強して用いることも利用の方法は任意である。波板の曲率にはとくに制限はないが、ファイバー布の曲げ可能な曲率が最小で、最大はモジュールの剛性が付与可能な大きさとなるが、望ましくは曲率半径で3~20mm程度の範囲である。

【0023】図12(A)は3次元エンボス状に加工した例を視覚的に表現した概念図であり、モジュール面内の位置(X,Y)について高さZ方向に対し、 $Z = \sin X + \cos Y$ で表現されるような曲面状に成型した例である。X軸またはY軸に沿った断面は図11(B)に示すような形状であり、どの方向に対しても曲げ強度を向上させることができる。このモジュールも必要に応じて周辺に補強枠を設ければよい。エンボスの形状、寸法にはとくに制限はないが、モジュール基本構造にかかる応力を軽減する配慮は必要で、図11の波板の場合と同様、3~20mm程度の曲率をもってX-Y方向に連続して滑らかに変化する形状が望ましい。

【0024】上記のモジュール構造は図13に示すような連続工程での製造を可能ならしめる。なお、図13は工程の構成を模式的に示したものであり、実際の構成に忠実ではないことを予め断っておく。

【0025】供給リール61より図13(A)に示すようなガラス布が供給される。ガラス布はガラスファイバーを縦糸とし、ガラスおよびAqコート線を撚った第1の横糸と、ガラスおよびAl、Aqコート線を撚った第2の横糸を交互に配した横糸で平織りしたものであり、予め別の工程でロール状に形成される。

【0026】粒径0.5mm、p型1~2Ωcmに調整された粒状Si62はホッパーに装填され、拡散用ベルト63に適宜供給されて拡散炉64に送られる。ここでPOC3雰囲気中で加熱され、表面にn+層が形成される。表面にn+層が形成された粒状Siは一旦別のホッパー65に蓄え

られ、供給リール61より送られるガラス布に供給される。この工程では強制吸引や制御されたブローにより、図13(B)に示すようにガラス布の各目に粒状Siが装填された状態を作る。ガラス布に粒状Siが仮に固定された状態で加熱炉66を通過することにより、ガラス布の縦糸に仕込んだ電極金属と粒状Siとのアロイ固着が起これ、この段階で、第1の横糸はn+型表面層と、第2の横糸はp+再結晶層を介して粒状Siのp核部分と電気的な接触が得られる。この段階では第2の横糸は表面n+層とも電気的な接触を形成しており、太陽電池としての接合は分離されていない。次いでこれをCVD炉67に送り、大気圧中でtetra-propoxy-titanateの酸化によりTiO<sub>2</sub>の反射防止膜を形成する。この際、被着基板の凹凸により膜厚に不均一性が生じ、表面では反射防止条件の膜厚に形成されるが、ガラス布との接触点近傍では殆ど被着しない。

【0027】これをアルカリ液の充填されたエッチング槽68に送り、反射防止膜の薄い粒状Si部分を極く薄くエッチングする。このとき、光照射によって生じる局部電池の働きにより、p型とn型の接合部分がより早くエッチングされ、これによりpnの接合分離が行われる。すなわち、図13(C)に示すように、第2の横糸はp型の領域のみと電気的な接触を形成し、太陽電池の正負の出力をそれぞれの横糸から取り出すことが可能となる。

【0028】接合分離を終了したガラス布は洗浄槽69を通り、有機樹脂フィーダー70より供給される樹脂で含浸され、加熱炉71でキュアリングされて図13(D)に示すような板状のモジュール基礎構造に成型され、巻取りリール72によって巻取られる。

【0029】波板あるいはエンボス状に加工するには加熱炉71でキュアリングする直前若しくは最中に形状成型を行い、この場合は巻とらずに適当な長さで切断され、集積される。

【0030】この製造工程は、従来の基板状Siのモジュール形成と比較すると、連続一環でモジュール形成が可能であり、また、粒状セルを採用することによってガラス布の幅に制限が無く、装置の許す限り、数mの幅でもモジュール形成が可能である。また、本実施例ではリールに巻取り、ロールツーロールのバッチ処理での連続形成の可能性を示したが、ガラスファイバーの形成工程から連続化することにより、全工程の一貫集積化も可能である。従って本発明の適用により、極めて量産性に富んだ製造工程を構築することができる。

【0031】(実施例2)図14は、直径25μmのファイバーを7本撚り平織りにしたガラス布による直径500μmの粒状Siセルの保持状況を横糸方向から見た透視図である。ファイバーのピッチは粒状Siセル1の直径と同じ500μmであるが、ファイバーの最大径は75μmであり、粒状Siセルは最大75μmの粒径変動があっても布目を通



過することなく、ガラス布によって保持される。粒径が500 $\mu\text{m}$ の場合には、正極導体2および負極導体3による横糸と粒状Siセル1はほぼ直径の1/4の高さで接触しており、1度にそれぞれの導体について2カ所の接触点を得られる。ガラスファイバー担体の曲率半径は約750 $\mu\text{m}$ で径の30倍あり、無理なく平織り状のガラス布を形成することが、可能である。これより細いガラスファイバーを用い、燃線数を増やすことは妨げない。強度は若干弱くなるが、粒状Siセルとの接触点の数が増えることは接触不良の歩留まりを向上させるには有効である。但し多すぎると、所要金属材料が増加し、かえって不経済となる。

【0032】図15はガラスファイバーに担持された金属導体と、粒状Siセルとの接触状況を示す図である。ファイバーガラス81には表面に0.1 $\mu\text{m}$ のAl層（図には明示していない）がコーティングされ、その上に、厚さ1.5 $\mu\text{m}$ のAg層82、さらに厚さ0.5 $\mu\text{m}$ のAl層83が形成されている。粒状Siセル1が保持された段階でファイバーガラス81に接する程度に金属層は変形する。アロイ化の工程で接触点近傍のAl層と粒状Siの表面層とが合金化し、ほぼAl層の厚さに相当するp+層が合金層84のSi核側に形成される。これを介して、セル1の出力が金属層に伝達される。

【0033】p型領域との接触を実現する目的のためには、ここで用いたAlの他、GaやInなどのIII族元素を単体または合金の形で含むAgやCuなどの高導電性金属をガラスファイバーにコートするか、あるいは細線を燃ったものであってもよい。同じくn型領域との接触を実現するためにはAgやCuの高導電性金属の他、制御された条件下ではAlの使用も可能であり、また前者ではP、As、SbなどのV族元素を含むことがより効果的である。

【0034】ファイバーとして金属の単線をガラスファイバーを共に燃らすことも考えられるが、図14に示すように粒状Siとの接触の機会が僅かであり、確実に接触せしめるためには個々のガラスファイバーに金属が担持された構造が望ましいことは理解できよう。また、単線の場合、アロイ化の工程で合金化に自己制限的な機構が働かず、粒状Siに深い合金層を形成する危険性や、金属線の断線の危険性があり、やはり、ガラスファイバーに金属が担持された構造が望ましい。

【0035】図16は粒状Siセルの保持に関する本発明の他の実施例を示したものである。図1に示した平織り状のガラス布に代えて縦縞み状に形成したもので、ガラスファイバーで構成される縦糸4に組み合わされる横糸として、正極導体2および負極導体3で構成される第2および第1の横糸に加え、ガラスファイバーで構成される第3の横糸4'を配したものである。この場合にも正極導体2と負極導体3は交互に並行して配置され、互いに短絡しないよう、絶縁体によって分離された構造となっている。この例では、球状Siセルを細密充填で配置す

ることにより、セルの充填率（投影面積）は91%となり、平織りの場合に比べて充填率を約15%改善できる。これは、非集光モジュールの場合には出力の改善となり、またモジュール強度を向上させることができる。導体の取り出しに関する長さの制限事項およびサブモジュールの直列接続に関する結線の方法については平織りの場合と同様に適用することができる。

【0036】（実施例3）本発明を適用して形成したモジュールを発電用に供した場合に、予め結線を工夫することで施工性にすぐれたモジュールとすることができる。図17（A）は波板状のモジュールを多数重ねて屋根を形成する場合の状況を例示してある。ここには2枚の波板モジュール91を重ねて野地板92に固定した例を示しているが、その様子の横断面を図17（B）に示す。固定部分93は2枚のモジュールを貫いてボルトで締結しているが、これを可能とするにはモジュールに貫通孔94を設ける必要がある。一般には貫通孔94の周辺にはサブモジュールを配置しないが、その場合、本発明の製造実施例のように直線的にモジュールを形成すると単位のサブモジュールの幅に相当する大きな無駄面積を生じることになる。そこで、図17（C）のように貫通孔95を設ける位置が予め想定できる場合には、その予定エリア96の部分について金属を担持したガラスファイバー群97の一部に予め金属を担持しない領域96を設け、仮りにこの部分に粒状Siセルが固定された場合でも発電に寄与しないオープン不良状態を積極的に作りつけることが工程上有利である。ガラス布は縦糸となるガラスファイバー群98との間で通常と同様な工程で平織りすればよく、他の製造工程を妨げずにモジュールを製造することができる。このようにすれば、モジュール化された後、その予定領域に貫通孔を機械的に穿つ加工が可能となり、モジュールをより簡素に形成できる上、施工が容易となり、従って太陽電池アレイコストを低減することができる。

【0037】（実施例4）本発明の他の実施例を図18に示す。正極導体2と負極導体3を横糸とし、これを交互に配置した平織りのガラス布では、粒状Siセルが縦糸方向で逆並列となる。ここで、粒状Siセル1が図18（A）のように1列おきに並ぶことができれば、横糸の端部で互いに隣り合う正極導体2と負極導体3を接続することにより、粒状Siセル列を単位として直列接続が可能となる。その等価回路を図18（B）に示す。出力端子7および8からは直列接続された粒状Siセル列の数の約1/2に相当するV数の電圧が得られる。直径500 $\mu\text{m}$ の粒状Siと500 $\mu\text{m}$ ピッチのガラス布で構成されるモジュールの場合、10cm毎に100Vの出力が得られることになる。粒状Siセル列を1列おきに並べるためには図18（C）に示すように、ガラスファイバー4を縦糸とし、横糸となる正極導体横糸2と負極導体横糸3に加えて、例えばガラスファイバーで構成される第3の横糸400



で粒状Siセル1' が固定されないよう邪魔をすればよい。このような構成は衆知の織布法で可能である。

【0038】（実施例5）本発明の他の実施例を図19に示す。これは平織りのガラス布の目の数にして縦横2目おきに粒状Siセルを配置した例である。これは自身の大きさの9倍の領域の中心に粒状Siセル1' が配置された例である。これは平織りの横糸3本を単位として正極導体2、負極導体3、不導体200の各縦糸が繰り返されるように配置され、加えて粒状Si列が形成されない列に邪魔糸400が2目連続で挿入されて形成される。また、縦糸についても平織りを形成する不導体系4と、粒状Siセルが固定されない列について邪魔糸401を2目連続に形成する。このような構成も衆知の織布技術で容易に可能である。このようなガラス布を用意すれば実施例1で示した製造工程により、図示する如く粒状Siセルが配置された太陽電池モジュールを形成することができる。このような構成は、個々の粒状Siセルに集光レンズを備えたモジュールに適用することにより、同じ受光面積で使用する半導体の量を同じ工程を用いながら約1桁低減することができ、低コストの太陽電池を提供することができる。

【0039】

【発明の効果】 本発明によれば、安価なシリコン材料を用いて、比較的高い変換効率の太陽電池を連続的にかつ高速に製造することができる。本発明の趣旨に鑑みれば、ファイバーによって構成される基体であれば、糸の構成やその配置、織布法などには制限されない。

【0040】また、太陽電池本体については、実施例ではp型の半導体塊をベースに太陽電池の構造および製造方法を述べてきたが、n型半導体塊についても伝導型の極性を入れ換えることにより同様に実施できることは言うまでもない。また、半導体はSiに限らず、Ge等を含む元素半導体、III-V族化合物半導体、II-VI族化合物半導体、カルコバイライト化合物、あるいはこれらの複合化合物であっても差し支えない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の構成を説明するための平面模式図。

【図2】従来の太陽電池素子構造の鳥瞰説明図。

【図3】従来の太陽電池素子の接続概念を示す鳥瞰図。

【図4】従来の太陽電池モジュールの断面構成図。

【図5】従来の球状シリコン太陽電池の構成断面図。

【図6】本発明の粒状シリコン太陽電池の断面構成図。

【図7】本発明を適用したモジュールの製造工程におけるセル固定プロセスの概念模式図。

【図8】本発明を適用したモジュールにおける電極配線の接続例を示す平面模式図。

【図9】本発明を適用したモジュールにおける直列接続例を示す説明図。

【図10】本発明を適用したモジュールにおける他の直列接続例を示す説明図。

【図11】本発明を適用した波板状モジュールの構成を示す鳥瞰図と断面構成図。

【図12】本発明を適用した3次元エンボス状モジュールの鳥瞰イメージ概念図。

【図13】本発明を適用したモジュール一貫製造プロセスの立面概念図。

【図14】本発明を適用したモジュールにおけるセルと基体との関係を示す立面模式図。

【図15】本発明を適用したモジュールにおけるセルと基体との接続部を示す断面模式図。

【図16】本発明を適用した配線構成の一実施例を示す平面概念図。

【図17】本発明を適用したモジュールにおける配線構成の他の一実施例を示す説明図。

【図18】本発明を適用したモジュールにおける他の配線接続例を示す説明図。

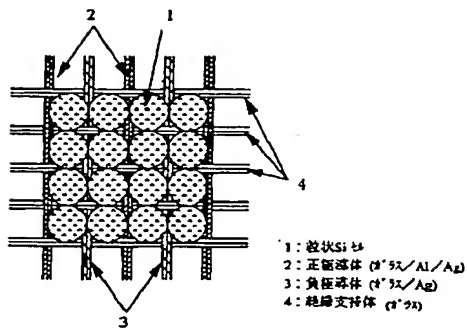
【図19】本発明を適用したモジュールにおける他の配線接続例を示す説明図。

【符号の説明】

1・・・粒状Siセル、2・・・正極導体、3・・・負極導体、4・・・絶縁支持体（ガラスファイバー）、5、5'・・・正極接続リード、6、6'・・・負極接続リード、7・・・正極端子、8・・・負極端子、11・・・p型Si基板、12・・・n型拡散層、13・・・受光面電極、14・・・裏面電極、15・・・従来の太陽電池素子、16・・・従来の接続リード、17・・・従来モジュールの強化ガラス板、18・・・従来モジュールの耐湿フィルム、19・・・従来モジュールの封止樹脂、21・・・従来素子のp型Si球、22・・・従来素子のアルミ箔、23・・・従来素子のn型拡散層、31・・・p型粒状Si、32・・・n型拡散層、33・・・負極導体、34・・・正極導体、35・・・p型合金化領域、36・・・封止樹脂、41・・・ガラス布、42・・・吸引ドラム、43・・・粒状Siセル、44・・・セル供給管、45・・・ブロー、46・・・ガター、47・・・固定ドラム、48・・・粒状Siセル付きガラス布、50・・・モジュール、51・・・表ラミネーション材、52・・・裏ラミネーション材。

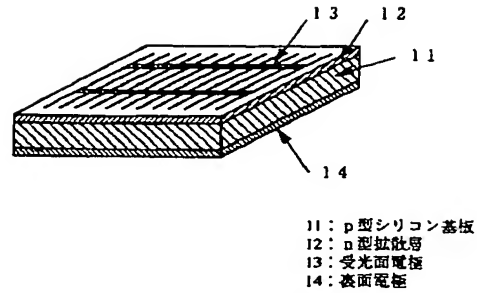
【図1】

図1



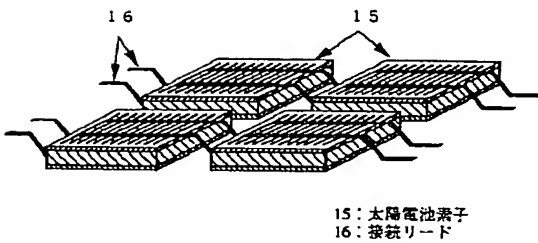
【図2】

図2



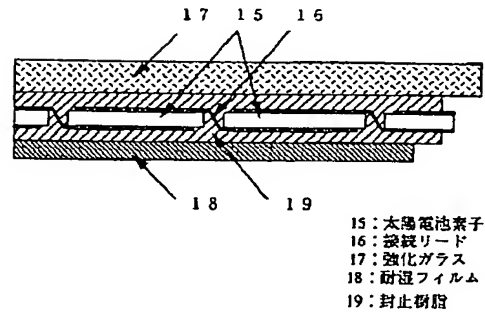
【図3】

図3



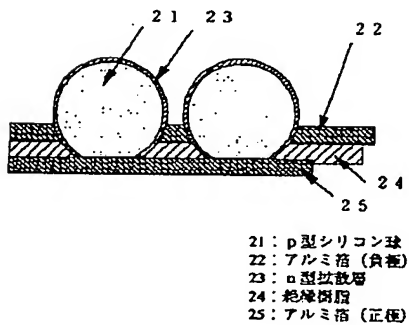
【図4】

図4



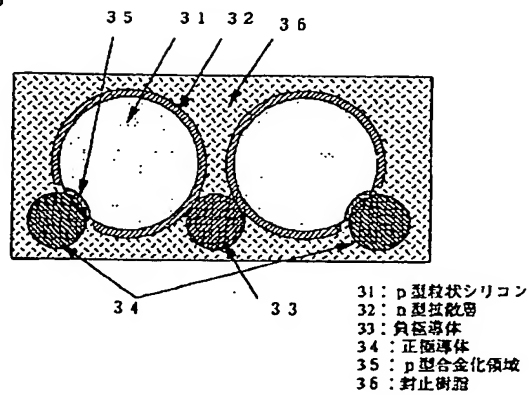
【図5】

図5



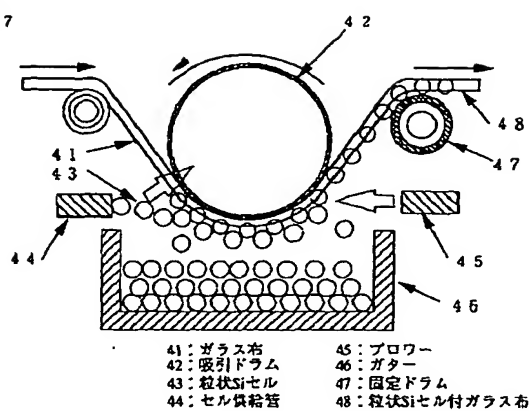
【図6】

図6



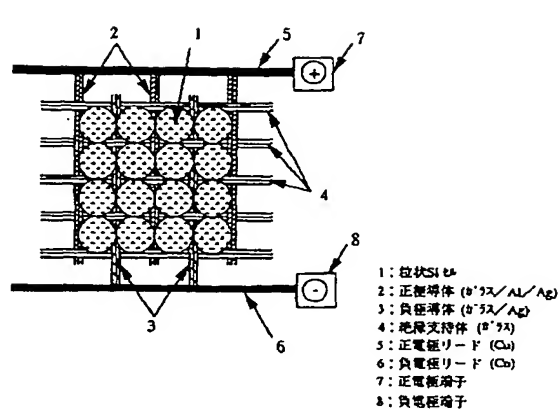
【図7】

図7



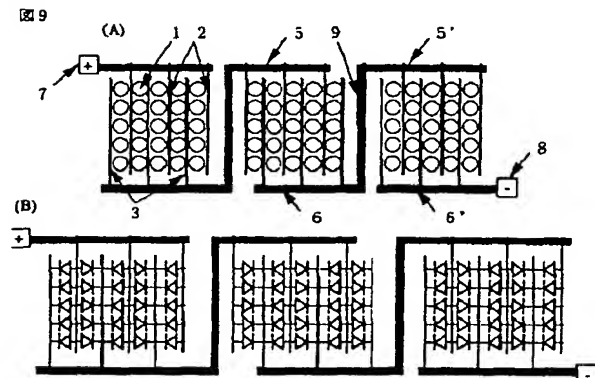
【図8】

図8



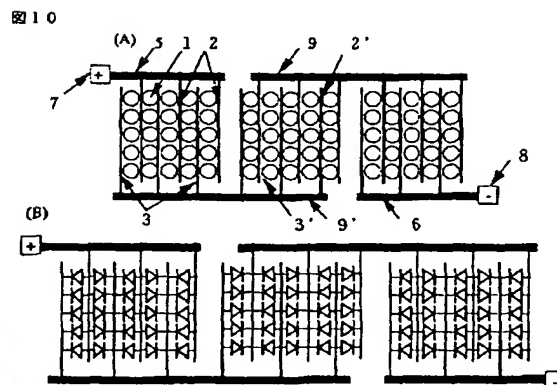
【図9】

図9



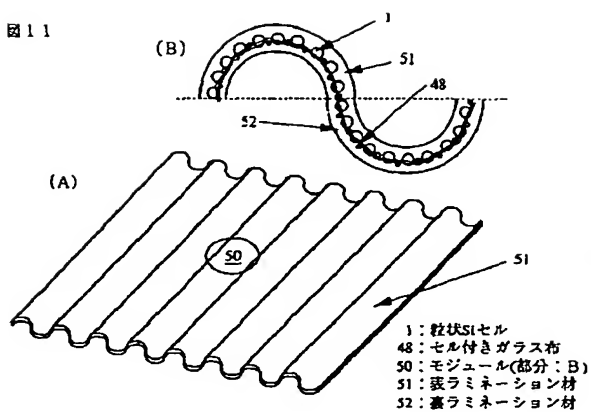
【図10】

図10



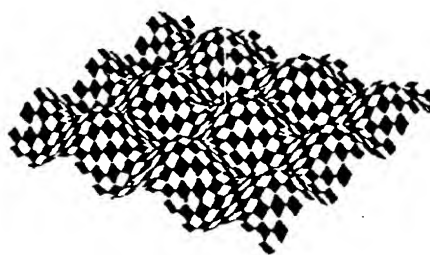
【図11】

図11

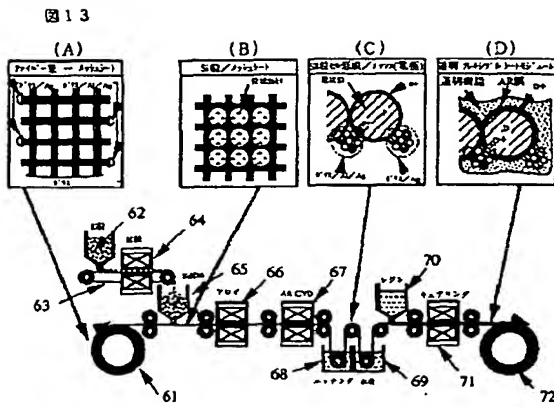


【図12】

図12

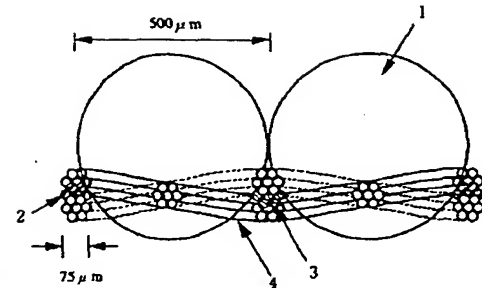


【図13】



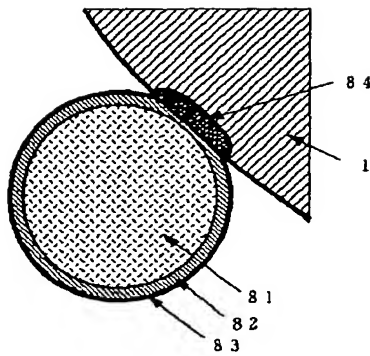
【図14】

図14



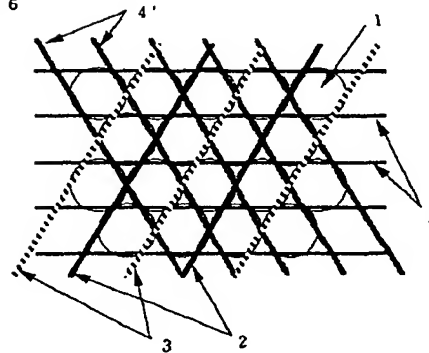
【図15】

図15



【図16】

図16



【図18】

【図17】

図17

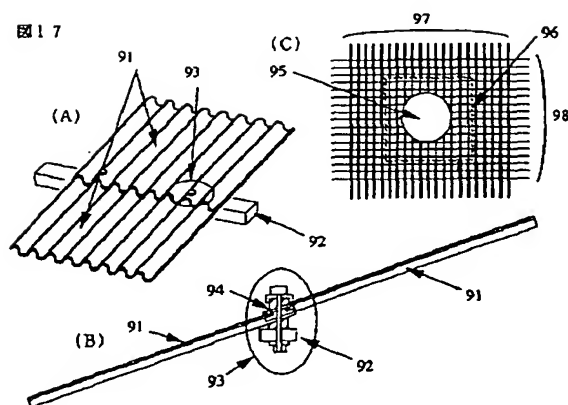
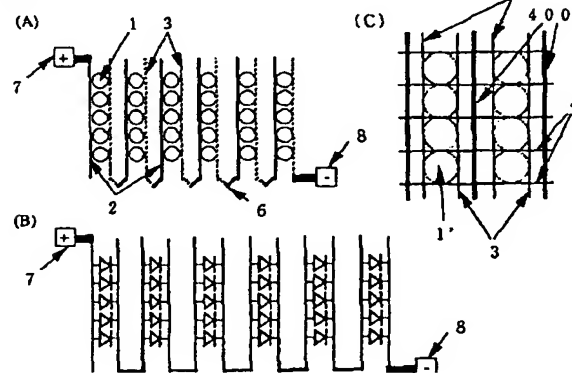
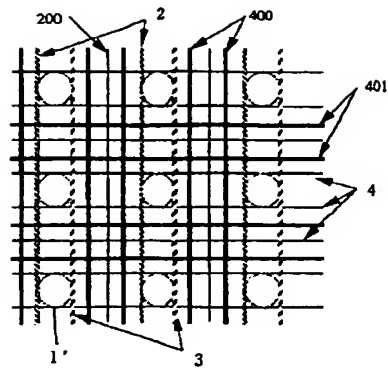


図18



【図 19】

図 19



---

フロントページの続き

(72)発明者 上松 強志  
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 大塚 寛之  
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内